Journal of Water and Soil
https://jsw.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 2, May-June 2023, p. 203-217

The Effect of Magnetized Saline Water on Yield and Yield Components of Strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Silva)

M. Khoshravesh[1]*, M. Pourgholam-Amiji[2], F. Emami Ghara[3]

Received: 26-01-2023 Revised: 19-02-2023 Accepted: 23-02-2023 Available Online: 23-02-2023	**How to cite this article:** Khoshravesh, M., Pourgholam-Amiji, M., & Emami Ghara, F. (2023). The effect of magnetized saline water on yield and yield components of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Silva). *Journal of Water and Soil, 37*(2), 203-217. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jsw.2023.80814.1248

Introduction

Considering the value of water in agriculture and the limitation of this important and vital resource and the existence of intermittent droughts in the country, saving in consumption and optimal use of available water seems necessary. Today, utilizing saltwater is considered one of the practical and effective approaches to minimize water consumption while achieving acceptable economic performance. Given the scarcity of freshwater sources, the utilization of unconventional water for strawberry cultivation holds significant economic importance. Through the application of innovative technologies, such as magnetic technology, the modification of these water sources can lead to increased quantitative and qualitative yields of agricultural products. Salinity stress, which alters the water and nutrient absorption patterns, directly impacts the plant's yield in terms of both quantity and quality. Strawberry is an important commercial product, and the quantitative and qualitative increase of its yield is emphasized from different aspects. The purpose of this research is to the effect of salinity stress under the influence of a magnetic field on the yield and yield components of the strawberry plant.

Materials and Methods

The purpose of this research was to investigate the effect of salinity stress under the influence of magnetic fields on the yield and yield components of strawberry plants. The factorial experiment was conducted in the form of a randomized complete block design with three replications in 2021 and 2022 in Neka city. The control treatment included full irrigation in all stages of plant growth with normal water (non-magnetic). The treatments include the type of irrigation water at two levels (Non-Magnetic Water (W1) and Magnetic Water (W2)), and water salinity was at three levels (0.86 dS/m (S1), 20 mM sodium chloride (S2), and 40 mM sodium chloride (S3). The strawberry plant of the Silva cultivar was cultivated in 3 x 4-meter plots with a row spacing of 40 cm and a between the spacing of 40 cm. Magnetization of irrigation water was created by passing water through a permanent magnet with a magnetic field intensity of 0.3 Tesla. The salt used for salinity stress was laboratory sodium chloride. The used irrigation method was drip (tape), and the amount of irrigation water and irrigation cycle was done according to the needs of the plant. Soil moisture monitoring was used to calculate the amount of applied water.

Results and Discussion

The results of analysis of variance showed that the effect of the irrigation water type and different levels of water salinity on the length, diameter, number of fruits per plant, fruit weight, biomass and plant yield was significant at the 1% probability level. The effect of water salinity on the number of fruits per plant was significant at the 1% probability level and on the fruit length and fruit diameter at the 5% probability level. The interaction effect of irrigation water type and water salinity was also significant at the probability level of 1%. On average, during two years of strawberry cultivation with the application of a magnetic field, the length, diameter, number

1 and 3- Associate Professor and M.Sc. Graduated, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: m.khoshravesh@sanru.ac.ir)
2- Ph.D. Candidate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
DOI: 10.22067/jsw.2023.80814.1248

of fruits per plant, fruit weight, biomass, and plant yield were increased by 9.76, 14.14, 23.05, 27.60, 27.08, and 28.36% respectively. The introduction of 20 and 40 mM sodium chloride resulted in a decrease in the physical characteristics of strawberry fruit and overall yield. The most significant reduction was observed in the number of fruits per plant at the salinity level of 40 mM sodium chloride, exhibiting a 56.69% decrease compared to the control treatment.

Conclusion

The growth of population and expansion of agriculture on one hand and the demand for more harvesting from limited water resources on the other hand, make it necessary to increase water productivity. Lack of water and competition for water resources has caused research to be done in order to reduce water consumption and preserve its resources. Therefore, searching for ways to reduce consumption and preserve water resources is of great importance. One of these methods is using magnetic water. The results of the research showed that the use of magnetic water technology caused a significant increase in the yield and yield components of strawberries compared to the control treatment. In addition, the salinity level of irrigation water had a significant impact on the yield and yield components of strawberries, with the highest yield observed in the treatment without salinity stress when using magnetic water technology. The findings of this study indicate that the application of magnetic water technology can enable the use of low salinity levels and lead to improved strawberry yield.

Keywords: Bush yield, Growth parameters, Magnetized water, Water salinity

نشریه آب و خاک
https://jsw.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۴۰۲، ص. ۲۱۷-۲۰۳

اثر آب شور مغناطیسی‌شده بر عملکرد و اجزای عملکرد توت‌فرنگی

(***Fragaria ananassa*** **cv. Silva**)

مجتبی خوش‌روش[1*] - مسعود پورغلام آمیجی[2] - فائزه امامی قرا[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۴

چکیده

هدف از این پژوهش تأثیر تنش شوری تحت تأثیر میدان مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه توت‌فرنگی می‌باشد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در شهرستان نکا انجام شد. تیمار شاهد شامل آبیاری کامل در تمام مراحل رشد گیاه و با آب معمولی (غیرمغناطیسی) بود. تیمارها شامل نوع آب آبیاری در دو سطح (آب غیرمغناطیسی (W1) و آب مغناطیسی (W2)) و شوری آب در سه سطح (۰/۸۶ دسی‌زیمنس بر متر (S1)، ۲۰ میلی‌مولار کلریدسدیم (S2) و ۴۰ میلی‌مولار کلریدسدیم (S3) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع آب آبیاری و سطوح مختلف شوری آب بر طول، قطر، تعداد میوه در هر بوته، وزن میوه، زیست‌توده و عملکرد بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. به‌طور متوسط طی دو سال کشت توت‌فرنگی با اعمال میدان مغناطیسی، طول، قطر، تعداد میوه در هر بوته، وزن میوه، زیست‌توده و عملکرد بوته به‌ترتیب ۹/۷۶، ۱۴/۱۴، ۲۳/۰۵، ۲۷/۶، ۲۷/۰۸ و ۲۸/۳۶ درصد افزایش نشان داد. با افزایش ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، خصوصیات فیزیکی میوه توت‌فرنگی و عملکرد کاهش یافت. بیشترین کاهش مربوط به تعداد میوه در هر بوته در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار کلریدسدیم بود که نسبت به تیمار شاهد ۵۶/۶۹ درصد کاهش یافت. نتیجه نهایی این پژوهش نشان داد که با استفاده از فن‌آوری آب مغناطیسی می‌توان از سطوح کم شوری استفاده نمود و مقدار عملکرد توت‌فرنگی را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: آب مغناطیسی، پارامترهای رشدی، شوری آب، عملکرد بوته

مقدمه

توت‌فرنگی میوه‌ای خوشمزه با ارزش غذایی و سلامتی بالا و یک میوه تجاری مهم است که سطح زیر کشت و مصرف آن در جهان رو به افزایش است. میوه رسیده توت‌فرنگی دارای ترکیباتی نظیر پروتئین، فیبر، قندهایی مثل فروکتوز، گلوکز، ساکارز، اسیدهای آلی مثل اسید سیتریک و اسید مالیک، ویتامین‌های ث، آ، تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین، عناصر معدنی مانند پتاسیم، کلسیم، فسفر و آهن و همچنین ترکیبات فنولی و آنتوسیانین است (Dolatshah *et al.*, 2015). سطح زیر کشت توت‌فرنگی در ایران ۵۷۱۸ هکتار با میانگین عملکرد ۱۱۸۳۱ کیلوگرم در هکتار و تولید کل کشور ۶۴۰۹۷ تن می‌باشد که به‌ترتیب استان‌های کردستان، مازندران و گلستان بیشترین تولید در کشور را دارند (Ahmadi *et al.*, 2021). اما تولید توت‌فرنگی به‌وسیله دامنه‌ای از تنش‌های زنده و غیرزنده محدود می‌شود. اولین فرایندهایی که در گیاهان تحت تأثیر تنش‌های غیرزنده قرار می‌گیرند، فتوسنتز، پتانسیل اسمزی، هدایت روزنه‌ای و یا ترکیبی از این ویژگی‌ها می‌باشند که نهایتا

۱ و ۳- به‌ترتیب دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: m.khoshravesh@sanru.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

DOI: 10.22067/jsw.2023.80814.1248

ممکن است به‌صورت تأثیر بر مورفولوژی و فیزیولوژی و مکانیزم‌های بیوشیمیایی، سلولی و مولکولی گیاهان دیده شوند (Rashid *et al.*, 2014).

رشد جمعیت و گسترش کشاورزی از یک سو و تقاضای برداشت بیشتر از منابع محدود آب از سوی دیگر، افزایش بهره‌وری آب را ضروری می‌سازد. کمبود آب و رقابت بر سر منابع آب سبب شده که پژوهش‌هایی در راستای کاهش مصرف آب و حفظ منابع آن صورت گیرد. بنابراین جستجوی راه‌کارهایی جهت کاهش مصرف و حفظ منابع آب سالم از اهمیت بالایی برخوردار است (Dube *et al.*, 2023). از طرفی تنش شوری از عوامل اصلی محدودکننده رشد رویشی و زایشی اکثر گیاهان می‌باشد و عاملی است که بر متابولیسم، آناتومی و مورفولوژی گیاه اثر می‌گذارد (Saied *et al.*, 2005). توت‌فرنگی گیاهی حساس به شوری است که عملکرد آن بسته به رقم، از یک تا دو دسی‌زیمنس بر متر به بالا شروع به کاهش کرده و به ازای افزایش هر یک دسی‌زیمنس بر متر شوری، ۳۳ درصد کاهش عملکرد دارد (Maas and Hoffman, 1977). یکی از عوامل موثر در رشد و میزان عملکرد توت‌فرنگی کیفیت آب مصرفی و خاک مورد نیاز این گیاه می باشد و چنانچه غلظت کلریدسدیم افزایش یابد از عملکرد آن به شدت کاسته می‌شود. غلظت‌های بالای نمک در خاک یا آب آبیاری، اثرات نامطلوبی روی متابولیسم گیاه دارد. اثر تنش شوری روی گیاهان بستگی به غلظت نمک، مدت زمان قرار گرفتن در معرض تنش ژنوتیپ گیاه و عوامل محیطی از جمله دمای بالا و شرایط نوری دارد (Hassanuzzaman *et al.*, 2013). یکی از پاسخ‌های متابولیکی معمول در برابر تنش شوری در بسیاری از گیاهان، تجمع مواد آلی محلول با وزن مولکولی کم می‌باشد. این مواد محلول، پلی‌ال‌های خطی (گلیسرول، مانیتول یا سوربیتول)، پلی‌ال‌های حلقوی (اینوسیتول یا پینیتول) و اسیدهای آمینه را شامل می‌شوند (Jouyban, 2012). غلظت بالای نمک کلریدسدیم در محلول غذایی باعث کاهش مقدار کل پروتئین محلول در برگ‌های توت‌فرنگی می‌شود در حالی که فعالیت پراکسیداز افزایش می‌یابد (Gulen *et al.*, 2006). کف‌جن و پاولزیک (Keutgen and Pawelzik, 2008a) نشان دادند که غلظت بالای کلریدسدیم به‌میزان ۴۰ و ۸۰ میلی‌مول بر لیتر، آسکوربیک اسید و همچنین اسیدهای آمینه آزاد شامل پرولین، آسپاراژین، و گلوتامین را افزایش داد. همچنین پاسخ گیاهان به تنش شوری تحت تأثیر هورمون های گیاهی از جمله متیل‌جاسمونات، آبسیزیک اسید و سایتوکینین قرار می‌گیرد (Yoon *et al.*, 2009). از طرفی نقش اصلی آبسایزیک‌اسید، تنظیم تعادل آب گیاه و ایجاد مقاومت اسمزی است (Muhammad Aslam *et al.*, 2022).

لولایی و همکاران (Loulaei *et al.*, 2013) به بررسی اثر متقابل شوری و کلرید کلسیم بر صفات کیفی و عملکرد توت‌فرنگی رقم گامروسا پرداختند. نتایج نشان داد که توت‌فرنگی در برابر تنش شوری دارای مقاومت کمی بود؛ به طوری‌که با افزایش درجه شوری طول دمبرگ، تعداد میوه و وزن میوه کاهش یافت. همچنین نمک کلرید سدیم و کلرید کلسیم موجب افزایش میزان مواد جامد محلول در میوه شد. سیدلر فاطمی و همکاران (Seyedlor Fatemi *et al.*, 2009) اثر تنش شوری بر روی توت‌فرنگی رقم سیلوا را بررسی و دریافتند که با افزایش غلظت کلریدسدیم، سطح برگ، تعداد برگ، تعداد میوه، وزن تر و خشک گیاه و در نتیجه عملکرد کاهش یافت. کف‌جن و پاولزیک (Keutgen and Pawelzik, 2008b) اثر تنش شوری بر روی دو رقم توت‌فرنگی السانتا و کرونا در شرایط آبکشت را بررسی و نشان دادند که با افزایش سطح شوری، وزن میوه به میزان ۲۶ درصد در رقم کرونا و ۴۶ درصد در رقم السانتا کاهش یافت. همچنین اندازه میوه تحت تأثیر عوامل شوری نیز کاهش یافت. نتایج تحقیق خیاط و همکاران (Khayyat *et al.*, 2007) درباره اثر تنش شوری بر روی توت‌فرنگی رقم سیلوا نشان داد که تعداد میوه و به تبع آن عملکرد کل گیاه تحت تنش نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت. همچنین کاهش وزن میوه در مقایسه با تعداد میوه نسبت به تنش شوری حساسیت بیشتری نشان داد. کارلیداگ و همکاران (Karlidag *et al.*, 2011) با بررسی تنش شوری بر روی دو رقم توت‌فرنگی و A6 نشان دادند که با افزایش میزان شوری، محتوای نسبی آب برگ در هر دو رقم کاهش معنی‌دار داشت. یوسفی و همکاران (Yusefi *et al.*, 2011) نشان دادند که با اعمال شوری در کل سیستم ریشه وزن تر و خشک میوه، طول میوه و عملکرد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین اعمال شوری ۳۰ میلی‌مولار به بخشی از ریشه سبب افزایش کیفیت میوه توت‌فرنگی بدون کاهش عملکرد شد . تاهان و اریس (Turhan and Eris, 2005) نشان دادند که اعمال شوری NaCl با غلظت‌های مختلف ۹، ۱۸ و ۳۵ میلی‌مولار در محیط ریشه به مدت ۱۰، هفته ویژگی‌های مورفولوژیکی و ترکیب یونی توت‌فرنگی رقم کاماروزا را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج مطالعه دیگر پژوهشگران نشان داد که اسید استیک خارجی می‌تواند مقاومت به شوری را با افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی و محتوای هورمونی در گیاه توت‌فرنگی تسریع‌کند (Mirfattahi & Eshghi, 2023).

سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2000) با اضافه کردن کلریدسدیم به محیط کشت قلمه‌های انگور دریافتند که با افزایش شوری، میزان قند افزایش یافت و بیان داشتند که این ماده در تنظیم پتانسیل اسمزی برگ‌ها نقش مهمی دارد. عمادی و همکاران (Emadi *et al.*, 2009) با بررسی اثر تنش شوری بر روی گیاه چغندرقند در شرایط آبکشت، نشان دادند که با افزایش غلظت کلریدسدیم، تجمع پرولین در اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد که این می‌تواند باعث بالا رفتن نسبی تحمل به تنش شوری در گیاه گردد. زمانی‌که گیاه در معرض تنش‌های زیستی و غیرزیستی قرار می‌گیرد، اولین واکنش آن کاهش فعالیت‌های متابولیکی طبیعی گیاه است که در نهایت باعث

کاهش رشد آن می‌گردد. در این شرایط، کاهش سنتز پروتئین‌های محلول برگ یکی از اولین اثرات منفی شرایط تنش است و یکی از علائم مشخص خسارت تنش در گیاه، کاهش غلظت پروتئین‌ها در برگ می‌باشد. نئوکلوئس و واسیلاکاکیس (Neocleous and Vasilakakis, 2007) با بررسی تأثیر تنش شوری، ناشی از کلریدسدیم روی تمشک قرمز مشاهده کردند که در اثر تنش شوری، میزان کلروفیل برگ‌های تمشک به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. زاهدی و همکاران (Zahedi *et al.*, 2020) بیان کردند که تنش شوری منجر به کاهش عملکرد، پارامترهای کیفی میوه، رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ، غلظت عناصر درشت مغذی و همچنین افزایش تنش اکسیداتیو در توت‌فرنگی شده و محلول‌پاشی ملاتونین همه این تغییرات را کاهش داد. علاوه بر این، ملاتونین منجر به افزایش عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی، به ویژه در گیاهانی که در شرایط شوری رشد می‌کنند، شد. بنابراین کم‌آبی و کاهش هزینه‌های بسیار بالای توسعه منابع آبی جدید و حفاظت محیط‌زیست، انگیزه استفاده از آب‌های نامتعارف را ضروری می‌سازد. این آب‌ها شامل دو گروه عمده پساب‌ها و آب‌های شور هستند که استفاده مستقیم از آن‌ها، مشکلات محیط زیستی و آلودگی خاک را سبب می‌شود؛ بنابراین یافتن راه‌های سریع‌تر و ارزانتر برای اصلاح این آب‌ها بسیار با اهمیت است. یکی از راهکارها استفاده از فناوری‌های نوین از جمله فناوری مغناطیسی به‌عنوان روش زیستی می‌تواند بسیار مفید باشد.

عبور آب از یک میدان مغناطیسی باعث تغییر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب مانند کشش سطحی، قابلیت حل نمک‌ها (Khoshravesh *et al.*, 2018)، تغییر ساختار خوشه‌ای، زنجیره پیوند هیدروژنی مولکول‌ها، افزایش اثرات دوقطبی مولکول‌های آب و تغییر در ضریب شکست نور و اسیدیته آب می‌شود (Heidarpour *et al.*, 2016). تغییرات به‌وجود آمده به‌واسطه عبور آب از یک میدان مغناطیسی به عوامل بسیاری مانند شدت میدان مغناطیسی، جهت میدان، مدت زمان قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی، نرخ جریان محلول، کیفیت و pH آب بستگی دارد (Mostafazadeh-Fard *et al.*, 2011). قرار گرفتن گیاهان در میدان‌های مغناطیسی و یا عبور دادن آب مورد استفاده برای آبیاری آن‌ها از یک میدان مغناطیسی و پاسخ متفاوت گیاهان به شدت‌های مختلف امواج الکترومغناطیسی می تواند راهی جهت افزایش کیفیت آب، کمیت و کیفیت محصول باشد. اثر آب مغناطیسی در افزایش رشد می‌تواند به افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، ایندول (ایجاد ترکیبات آلی) و سنتز پروتئین‌ها نسبت داده شود (Celik *et al.*, 2008). برخی دیگر گزارش کرده‌اند که آب مغناطیسی ممکن است سبب افزایش نفوذپذیری غشای سلولی دانه، تغییر pH دو طرف غشای سلولی، افزایش فعالیت یون کلسیم و کاهش فعالیت موجودات ذره‌بینی مضر گردد (Biryukov *et al.*, 2005).

حوزین و همکاران (Hozayn *et al.*, 2019) نشان دادند که آب مغناطیسی باعث افزایش ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک و سطح برگ گندم شد. محمودی و همکاران (Mahmoudi *et al.*, 2016) در شرایط آب و هوایی مشهد دریافتند که قرار دادن بذر در میدان مغناطیسی موجب افزایش معنی‌دار ماده خشک شد. رستگار و صادقی لاری (Rastegari & Sadeghi-Lari, 2015)، اثر آب مغناطیسی بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشد اولیه بذر گوج‌فرنگی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که آبیاری با آب مغناطیسی اثرات معنی‌داری بر فاکتورهای مختلف مورد مطالعه داشته است. جوانه‌زنی بذرهای آبیاری شده با آب مغناطیسی در هر دو رقم ۹۴/۶ درصد بود؛ در حالی‌که درصد جوانه‌زنی در بذرهای شاهد ۹۰ و ۹۳ درصد به ترتیب در رقم سانسید و صادین مشاهده شد ایشان بیان کردند که کاربرد آب مغناطیسی منجر به بهبود کمی و کیفی رشد گیاهان خواهد شد.

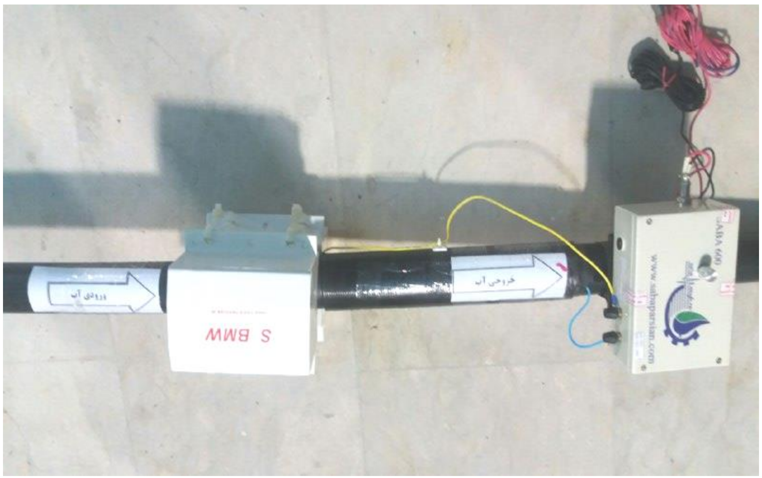
پورغلام آمیجی و همکاران (Pourgholam-Amiji *et al.*, 2022) اثر آبیاری با پساب مغناطیسی تصفیه‌شده بر بهره‌وری آب ذرت را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که اثر نوع آبیاری و اختلاط آب و پساب بر بهره‌وری‌های بیولوژیکی، فیزیکی، علوفه تر و علوفه خشک معنی‌دار شد. به‌طور متوسط، آبیاری با پساب مغناطیسی در معرض میدان مغناطیسی ۰/۳ تسلا باعث افزایش معنی‌دار بهره‌وری‌های بیولوژیکی (۱۰/۳۳ درصد)، فیزیکی (۳۵/۹ درصد)، علوفه تر (۱۰/۰۷ درصد) و علوفه خشک (۱۱/۴۹ درصد) نسبت به پساب غیرمغناطیسی شد. همچنین تمامی پارامترهای ذکرشده با افزایش درصد پساب استفاده‌شده در آبیاری، افزایش یافت. زندی و همکاران (Zandi *et al.*, 2022) به بررسی اثر جیبرلیک‌اسید و میدان مغناطیسی بر ماندگاری توت‌فرنگی رقم سلوا در شرایط تنش دمایی پرداختند. از لحاظ اثر متقابل سه‌گانه تیمارهای پژوهش، بهترین تیمار مؤثر بر افزایش مدت زمان نگهداری توت‌فرنگی، تیمار ترکیبی مصرف ۵۰ میلی گرم در لیتر جیبرلیک اسید، میدان مغناطیسی ۱۰ تسلا و دمای ۸ درجه سلسیوس بود. شکرانی و همکاران (Shokrani *et al.*, 2011) اثر محلول کلریدسدیم مغناطیس شده را بر رشد و جوانه‌زنی گیاهچه خلر بررسی کردند. نتایج نشان داد که اثر آب مغناطیس شده روی افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه معنی‌دار بود. با توجه به روند رو به کاهش منابع آب شیرین، استفاده از منابع آب نامتعارف و اصلاح آن با استفاده از فن‌آوری آب مغناطیسی ضروری است (Ramesh & Ostad-Ali-Askari, 2023). تاکنون در مورد اثر تنش شوری با استفاده از آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه توت‌فرنگی پژوهشی صورت نگرفته است. بنابراین، هدف از این پژوهش، بررسی استفاده از آب شور مغناطیسی‌شده بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه توت‌فرنگی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مزرعه‌ای واقع در روستای میانگله شهرستان نکا (استان مازندران) با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۲ دقیقه (°E) و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۶۷ دقیقه (°N) انجام شد. مطابق آمار درازمدت ۳۰ ساله (۲۰۲۱-۱۹۹۱)، متوسط بارندگی سالانه منطقه ۴۷۰ میلی‌متر و میانگین سالانه دمای هوا ۱۷/۶ درجه سانتی‌گراد است.

گیاه توت‌فرنگی رقم سیلوا در کرت‌هایی به ابعاد ۳ در ۴ متر با فاصله کشت روی ردیف ۴۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌های ۴۰ سانتی متر کشت شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمار شاهد شامل آبیاری کامل در تمام مراحل رشد گیاه و با آب معمولی (غیرمغناطیسی) بود. تیمارها شامل نوع آب آبیاری در دو سطح (آب غیرمغناطیسی (W1) و آب مغناطیسی (W2)) و شوری آب در سه سطح (۰/۸۶ دسی‌زیمنس بر متر (S1)، ۲۰ میلی‌مولار کلریدسدیم (S2) و ۴۰ میلی‌مولار کلریدسدیم (S3) بود. مغناطیس نمودن آب آبیاری با عبور آب از میان یک آهن‌ربای دائمی با شدت میدان مغناطیسی ۰/۳ تسلا ایجاد شد (شکل ۱).

نمک مورد استفاده برای تنش شوری، کلریدسدیم آزمایشگاهی بود. تیمارهای شوری پس از گذشت چهل روز از شروع کشت، شروع و تا پایان کشت اعمال شد. خصوصیات شیمیایی آب چاه (قبل از عبور از میدان مغناطیسی) و آب مغناطیسی‌شده در جدول ۱ نشان داده شده است. عدم برقراری تعادل یونی به این دلیل است که برخی کاتیون‌ها و آنیون‌ها که مقدار قابل‌توجهی نداشتند، در جدول ذکر نشدند. فقط موارد اصلی که حائز اهمیت بالاتری بودند، قرار گرفتند. این کاتیون‌ها و آنیون‌ها شامل پتاسیم، سولفات و غیره بودند.



شکل ۱- دستگاه ایجاد میدان مغناطیس برای تیمارهای آب مغناطیسی
Figure 1- Magnetic field creation device for magnetic water treatments

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده
Table 1- Chemical characteristics of the water used

نوع منبع Source type	EC (dS/m)	pH	Ca	Mg	Na	Cl	HCO_3
			meq/l				
آب چاه Well water	0.86	7.2	12.6	1.3	4.4	2.4	9.7
آب مغناطیسی‌شده Magnetized water	0.61	7.1	10.9	1.1	3.5	1.9	8.7

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه
Table 2- Physical and chemical properties of farm soil

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	ذرات تشکیل‌دهنده خاک (٪) Soil-forming particles (%) رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	بافت خاک Soil texture	ρ_b (g/cm^3)	pH	EC (dS/m)	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل TN (%)
0-30	22.35	37.82	39.83	Loam	1.52	7.3	1.58	16.9	0.19

برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از شروع آزمایش و اعمال تیمارها، نمونه‌برداری از خاک مزرعه انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است که خاک مورد نظر مشکل تغذیه نداشت چون در تحقیقات قبلی اینجانبان، آزمایش‌های لازم انجام و نتایج آن منتشر شد. خاک منطقه هدف زراعی بوده و مدام تحت کشت قرار دارد.

روش آبیاری به‌کار برده‌شده، قطره‌ای نواری بود و میزان آب آبیاری و دور آبیاری بر اساس نیاز گیاه انجام شد. برای محاسبه مقدار آب کاربردی از پایش رطوبت خاک استفاده شد. عمق آب آبیاری مبتنی بر اندازه‌گیری رطوبت خاک و محاسبه کمبود رطوبت خاک در تیمار آبیاری کامل در بازه زمانی پنج‌روزه به شرح زیر برآورد شد. میزان رطوبت حجمی خاک در زمان آبیاری از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$\theta_{RI} = \theta_{FC} - (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) * MAD \qquad (۱)$$

که در آن θ_{RI} میزان رطوبت حجمی خاک در زمان آبیاری، θ_{FC} میزان رطوبت در حد ظرفیت زراعی، θ_{PWP} میزان رطوبت در نقطه پژمردگی دائم (اندازه‌گیری رطوت حجمی با روش مستقیم و بقیه با دستگاه صفحات فشاری) و MAD میزان تخلیه مجاز رطوبتی است. پایش رطوبت به صورت روزانه در هر سه سطح آبیاری انجام گرفت و کمبود رطوبت خاک (SMD) از رابطه (۲) محاسبه شد:

$$SMD = \sum_{i=1}^{n} (\theta_{FC} - \theta_{BI}) * D_i \qquad (۲)$$

که D_i عمق لایه خاک و θ_{BI} رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری (اندازه‌گیری‌شده با روش مستقیم) می‌باشد. در این پژوهش مقادیر عملکرد و تعداد میوه در هر بوته، طول و قطر میوه، وزن خشک میوه و زیست‌توده اندازه‌گیری شد.

در برخی کارهای زراعی مثل برنج و ذرت، عملکرد دانه همان محصول نهایی است و اینجا منظور میوه یا همان توت‌فرنگی (میوه قرمز رنگ) است که همگان آن را می‌شناسند. زیست‌توده نیز در اینجا منظور بافت سبز گیاهی به غیر از محصول توت‌فرنگی است که بقایای تر و خشک آن مد نظر است. در طول مدت آزمایش، میوه‌های رسیده به‌طور منظم برداشت و وزن تازه آن‌ها یادداشت شد. برای این کار یک متر حاشیه کرت‌ها را حذف نموده و بقیه مساحت هر کرت برای محاسبه عملکرد در نظر گرفته شد (دو متر مربع). وزن میوه‌ها با استفاده از ترازوی حساس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، مواد گیاهی در داخل پاکت قرار گرفتند و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از ۴۸ ساعت با ترازوی دیجیتال وزن شدند. از کولیس دیجیتال برای اندازه‌گیری طول و قطر میوه‌ها استفاده شد. نتایج ویژگی‌های رنگ و سفتی میوه‌ها مربوط به کارهای بعدی است. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 مورد تحلیل آماری قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر نوع آب آبیاری و شوری آب بر خصوصیات فیزیکی میوه توت‌فرنگی در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به جدول ۳، اثر نوع آب آبیاری بر طول میوه، قطر میوه و تعداد میوه در هر بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر شوری آب بر تعداد میوه در هر بوته در سطح احتمال یک درصد و بر طول میوه و قطر میوه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل نوع آب آبیاری و شوری آب نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

مقایسه میانگین اثرات نوع آب آبیاری و شوری آب بر خصوصیات فیزیکی میوه توت‌فرنگی در جدول ۴ نشان داده شده است. مقادیر طول میوه، قطر میوه و تعداد میوه در هر بوته در تیمار آب مغناطیسی بیشتر از تیمار آب غیرمغناطیسی شد و این افزایش در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد.

با اعمال میدان مغناطیسی، طول میوه در تیمارهای مغناطیسی در سال اول و دوم کشت به‌ترتیب ۸/۱۹ و ۱۱/۳۳ درصد نسبت به تیمارهای غیرمغناطیسی افزایش داشت و این افزایش معنی‌دار بود. قطر میوه در تیمارهای مغناطیسی در سال اول و دوم کشت به‌ترتیب ۱۴/۴۹ و ۱۳/۸ درصد نسبت به تیمارهای غیرمغناطیسی افزایش داشت و این افزایش معنی‌دار بود. تعداد میوه در هر بوته در تیمارهای مغناطیسی در سال اول و دوم کشت به‌ترتیب ۲۲/۶۹ و ۲۳/۴۱ درصد نسبت به تیمارهای غیرمغناطیسی افزایش داشت و این افزایش معنی‌دار بود (جدول ۴). علت بهبود خصوصیات ظاهری میوه توت‌فرنگی در تیمار آب مغناطیسی می‌تواند مربوط به رشد ریشه و هدایت روزنه‌ای باشد که جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر نوع آب آبیاری و سطوح مختلف شوری آب بر خصوصیات فیزیکی میوه توت‌فرنگی

Table 3- Analysis of variance of the effect of the irrigation water type and different levels of water salinity on the physical characteristics of strawberry fruit

سال کشت Year of Cultivation	منابع تغییر Sources Change	درجه آزادی Degrees of freedom	تعداد میوه در هر بوته Number of fruits per plant	طول میوه Fruit length	قطر میوه Fruit diameter
۱۴۰۰ 2021	بلوک Block	2	3.55^{ns}	5.96^{ns}	4.03^{ns}
	نوع آب آبیاری Type of irrigation water	1	488.78**	939.18**	763.55**
	شوری آب water salinity	2	847.36**	279.47*	238.89*
	نوع آب آبیاری × شوری آب Irrigation water type × water salinity	2	12.96**	45.03**	26.90**
	خطا Error	10	0.37	1.02	0.89
	ضریب تغییرات Coefficient of variation (CV)	-	7.23	10.45	9.87
۱۴۰۱ 2022	بلوک Block	2	2.56^{ns}	5.62^{ns}	4.98^{ns}
	نوع آب آبیاری Type of irrigation water	1	509.76**	970.08**	751.30**
	شوری آب water salinity	2	815.22**	250.12*	211.59*
	نوع آب آبیاری × شوری آب Irrigation water type × water salinity	2	13.50**	50.09**	31.88**
	خطا Error	10	0.25	1.22	1.13
	ضریب تغییرات Coefficient of variation (CV)	-	5.67	12.24	10.89

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

**, * and ns: significant at $p \leq 0.01$, $p \leq 0.05$, and non-significant, respectively

آب مغناطیسی با افزایش نفوذ آب به غشای سلولی باعث جذب بیشتر آب و عناصر غذایی در سلول‌های ریشه می‌شود (Algozari and Yao, 2006). حبیبی و همکاران (Habiby *et al.*, 2019) در پژوهشی نشان دادند که آب مغناطیسی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه ذرت نسبت به تیمار شاهد شده و این افزایش به‌واسطه سهولت جذب آب توسط گیاه و در نتیجه افزایش رشد رویشی می‌باشد.

مقادیر طول میوه، قطر میوه و تعداد میوه در هر بوته در سطوح مختلف شوری آب دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بود. حداکثر طول میوه، قطر میوه و تعداد میوه در هر بوته به‌ترتیب برابر ۴۱/۸۵، ۳۳/۶ میلی‌متر و ۱۸/۹۸ میلی‌متر و در تیمار با سطح شوری صفر حاصل شد. در سال اول کشت با افزایش ۲۰ و ۴۰ میلی مولار کلریدسدیم، تعداد میوه در هر بوته به‌ترتیب ۳۰/۲۷ و ۵۰/۰۵ درصد کاهش یافت. در سال دوم کشت با افزایش ۲۰ و ۴۰ میلی مولار کلریدسدیم، تعداد میوه در هر بوته به‌ترتیب ۲۹/۱۳ و ۵۶/۶۹ درصد کاهش یافت و این اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

در سال اول کشت با افزایش ۲۰ و ۴۰ میلی مولار کلریدسدیم، طول میوه به‌ترتیب ۸ و ۱۰/۸ درصد کاهش یافت. در سال دوم کشت با افزایش ۲۰ و ۴۰ میلی مولار کلریدسدیم، طول میوه به‌ترتیب ۸/۱ و ۱۱/۷۸ درصد کاهش یافت. بین سطوح شوری ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری در طول میوه وجود نداشت ولی در مقایسه با تیمار شاهد در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با افزایش ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلریدسدیم در سال اول کشت، قطر میوه به‌ترتیب ۵/۴۹ و ۹/۰۱ درصد کاهش یافت. در سال دوم کشت با افزایش ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، قطر میوه به‌ترتیب ۵/۴۱ و ۹/۴ درصد کاهش یافت. بین سطوح شوری ۲۰ و ۴۰ میلی مولار اختلاف معنی داری در قطر میوه وجود نداشت ولی در مقایسه با تیمار شاهد در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج این پژوهش با یافته‌های لی و همکاران (Li *et al.*, 2002) مطابقت دارد. آن‌ها نشان دادند که تنش شوری در توت‌فرنگی باعث تأخیر در توسعه اندام‌های زایشی آن

و در نتیجه منجر به تولید گل‌ها و میوه‌های کمتری شد. کاهش رشد در شرایط تنش شوری نیز به‌دلیل وجود انواع تنش‌های اسمزی یا یونی است (Demkura et al., 2010). همچنین گزارش شده است که رشد اندام‌های زایشی توت‌فرنگی در اثر شوری کاهش می‌یابد (Garriga et al., 2015). افزودن شوری به محلول غذایی باعث تأثیر منفی بر رشد، عملکرد و توازن عناصر غذایی توت‌فرنگی شده که به دلیل اثر سوء سدیم و کلر بر رشد گیاه و کاهش پتانسیل اسمزی (افزایش هدایت الکتریکی) محلول غذایی در محیط کشت و کاهش جذب آب می‌باشد. تحت شرایط تنش شوری، تنش اسمزی باعث کاهش فتوسنتز و کاهش تولید کربوهیدرات و همچنین سبب توقف یا کند شدن انتقال جریان آب به سمت میوه‌ها شده و در نهایت اندازه میوه‌ها کاهش می‌یابد (Kanayama and Kochetov, 2015).

برکلار و بورلی (Berkelaar and Beverley, 2000) گزارش کردند که تحت شرایط تنش شوری، به‌دلیل وجود یون‌های سدیم و کلر و کند شدن سنتز دیواره سلولی، حجم ریشه کاهش یافته و کاهش طول و حجم ریشه در بوته توت‌فرنگی در نتیجه کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش فتوسنتز در اثر تنش شوری است. افزایش غلظت نمک در محیط ریشه باعث کاهش پتانسیل آب در ریشه و به دنبال آن کاهش پتانسیل آب در برگ گیاه می‌شود. به واسطه چنین مکانیسمی آب کمتری توسط گیاه جذب شده و در نتیجه جریان آب به سمت میوه نیز کاهش می‌یابد. با توجه به این‌که بیش از ۹۰ درصد وزن میوه را آب تشکیل می‌دهد، بنابراین وزن میوه تابعی از مقدار آب موجود در آن است. در نتیجه با محدود شدن جریان آب به سمت میوه، اندازه و وزن آن کاهش می‌یابد (Hohjo et al., 2001). پاسخ فوری به تنش شوری، کاهش در میزان سطح برگ است که با افزایش غلظت شوری، گسترش سطح برگ متوقف می‌شود (Wang and Nil, 2000).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر نوع آب آبیاری و سطوح مختلف شوری آب بر خصوصیات فیزیکی میوه توت‌فرنگی

Table 4- Comparison of the average effect of the irrigation water type and different levels of water salinity on the physical characteristics of strawberry fruit

سال کشت Year of Cultivation	عوامل Factor		تعداد میوه در هر بوته Number of fruits per plant	طول میوه Fruit length (mm)	قطر میوه Fruit diameter (mm)
۱۴۰۰ 2021	نوع آب آبیاری Type of irrigation water	مغناطیسی Magnetic	15.30 a	40.67 a	33.81 a
		غیرمغناطیسی Non-magnetic	12.47 b	37.59 b	29.53 b
	شوری آب (میلی مولار) water salinity (mill molar)	صفر Zero	18.96 a	41.75 a	33.28 a
		۲۰ 20	13.22 b	38.41 b	31.45 b
		۴۰ 40	9.47 c	37.24 b	30.28 b
۱۴۰۱ 2022	نوع آب آبیاری Type of irrigation water	مغناطیسی Magnetic	14.97 a	41.17 a	35.12 a
		غیرمغناطیسی Non-magnetic	12.13 b	36.98 b	30.86 b
	شوری آب (میلی مولار) water salinity (mill molar)	صفر Zero	18.98 a	41.85 a	33.60 a
		۲۰ 20	13.45 b	38.46 b	31.78 b
		۴۰ 40	8.22 c	36.92 b	30.44 b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیست.

Averages with the same letters in each column are not significantly different based on the LSD test at the five percent probability level.

کاهش در میزان فعالیت سلول‌های مریستمی و جلوگیری از طویل شدن سلول‌ها نتیجه تغییر در روابط آبی گیاهان تحت تنش شوری است که سبب کاهش شاخص‌های رشدی گیاهان می‌شود (Idrees et al., 2011). نتایج تجزیه واریانس اثر نوع آب آبیاری و شوری آب بر اجزای عملکرد توت‌فرنگی در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به این جدول، اثر نوع آب آبیاری و شوری آب بر وزن میوه، زیست‌توده و عملکرد بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد؛ اثر متقابل نوع آب آبیاری و شوری آب نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

مقایسه میانگین اثرات نوع آب آبیاری و شوری آب بر وزن میوه، زیست‌توده و عملکرد توت‌فرنگی در جدول ۶ نشان داده شده است. مقادیر وزن میوه، زیست‌توده و عملکرد بوته در تیمار آب مغناطیسی بیشتر از تیمار آب غیرمغناطیسی شد و این افزایش در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. با اعمال میدان مغناطیسی، وزن میوه در تیمارهای مغناطیسی در سال اول و دوم کشت به‌ترتیب ۲۹/۵۶ و ۲۵/۶۵ درصد نسبت به تیمارهای غیرمغناطیسی افزایشی معنی‌دار داشت. مقدار زیست‌توده در تیمارهای مغناطیسی در سال اول و دوم کشت به‌ترتیب ۲۵/۵۲ و ۲۸/۶۵ درصد نسبت به تیمارهای غیرمغناطیسی افزایشی معنی‌دار داشت. مقدار عملکرد بوته در تیمارهای مغناطیسی در سال اول و دوم کشت به‌ترتیب ۳۱/۴۷ و ۲۵/۲۶ درصد نسبت به تیمارهای غیرمغناطیسی افزایشی معنی‌دار داشت (جدول ۶). آب مغناطیسی با افزایش جذب آب و مواد غذایی محلول توسط ریشه، باعث افزایش تولید ماده‌ی غذایی و در نهایت عملکرد گیاه می‌شود (Nikbakht and Talei, 2019). با عبور آب از میدان مغناطیسی، پیوندهای هیدروژنی و واندروالس بین مولکول‌های آب شکسته شده و در نتیجه کشش سطحی آب کاهش و حلالیت آب افزایش می‌یابد و در نتیجه املاح معدنی مورد نیاز گیاه در آب به خوبی حل شده و در نهایت افزایش کمیت محصول را سبب می‌شود (Khoshravesh and Kiani, 2015). یداللهی و همکاران (Yadollahi *et al.*, 2022) گزارش کردند که آبیاری با آب مغناطیسی به طور متوسط باعث افزایش ۸/۶ درصدی عملکرد دانه و ۸/۷ درصدی بهره‌وری مصرف آب نخودفرنگی نسبت به آب غیرمغناطیسی شد. نیکبخت و همکاران (Nikbakht *et al.*, 2014) نشان دادند که سطح برگ، وزن تر و بهره‌وری مصرف آب ذرت در تیمار آب مغناطیسی به‌ترتیب ۹/۵، ۸/۳ و ۹ درصد افزایش یافت. خوش‌روش و همکاران (Khoshravesh *et al.*, 2021) نشان دادند که آب مغناطیسی با افزایش قدرت حلالیت آب، باعث افزایش فتوسنتز و رشد بذرهای آبیاری‌شده با آب مغناطیسی‌شده و جذب مواد غذایی از خاک نیز بیشتر خواهد شد.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر نوع آب آبیاری و سطوح مختلف شوری آب بر اجزای عملکرد توت‌فرنگی

Table 5- Analysis of variance of the effect of the irrigation water type and different levels of water salinity on the yield components of strawberry

سال کشت **Year of Cultivation**	منابع تغییر **Sources Change**	درجه آزادی **Degrees of freedom**	وزن میوه **Fruit weight**	زیست‌توده **Biomass**	عملکرد هر بوته **Yield of each plant**
۱۴۰۰ 2021	بلوک Block	2	4.93^{ns}	5.37^{ns}	3.37^{ns}
	نوع آب آبیاری Type of irrigation water	1	437.20**	2543.47**	1552.08**
	شوری آب water salinity	2	698.14**	3620.11**	2165.09**
	نوع آب آبیاری × شوری آب Irrigation water type × water salinity	2	11.19**	175.66**	101.30**
	خطا Error	10	0.19	2.08	1.30
	ضریب تغییرات Coefficient of variation (CV)	-	5.86	14.19	12.56
۱۴۰۱ 2022	بلوک Block	2	6.52^{ns}	7.12^{ns}	5.96^{ns}
	نوع آب آبیاری Type of irrigation water	1	479.81**	2680.08**	1674.46**
	شوری آب water salinity	2	759.80**	3802.28**	2306.64**
	نوع آب آبیاری × شوری آب Irrigation water type × water salinity	2	10.45**	201.77**	119.62**
	خطا Error	10	0.16	2.30	1.17
	ضریب تغییرات Coefficient of variation (CV)	-	5.52	14.67	11.32

**، * و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

**, * and ^{ns}: significant at $p \leq 0.01$, $p \leq 0.05$, and non-significant, respectively

آب مغناطیسی با افزایش رطوبت در خاک و کاهش شوری پروفیل خاک باعث افزایش کمیت محصول خواهد شد. مصطفی‌زاده فرد و همکاران (Mostafazadeh-Fard *et al.*, 2012) اثر آب مغناطیسی بر رطوبت عمق‌های مختلف خاک در آبیاری قطره‌ای را بررسی و گزارش نمودند که مقدار رطوبت خاک در تیمار آب مغناطیسی به‌طور متوسط ۷/۵ درصد بیشتر از تیمار آب غیرمغناطیسی بود. در شرایط آب مغناطیسی، مولکول‌های آب تحت تأثیر پیوندهای هیدروژنی و نیروهای واندروالس قرار گرفته و از آنجایی که در واکنش با یون‌ها بودند، آزاد شدند و آب را منسجم‌تر کردند. بنابراین مولکول‌های آب در شرایط مغناطیسی به راحتی به ذرات خاک چسبیده و به اعماق پایین خاک حرکت نکردند. این یعنی مولکول‌های آب مغناطیسی به راحتی به داخل منافذ و خلل و فرج خاک نفوذ کرده و به اعماق پایین خاک منتقل نشدند.

مقادیر وزن میوه، زیست‌توده و عملکرد بوته در سطوح مختلف شوری آب دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بود (جدول ۶). حداکثر وزن میوه، زیست‌توده و عملکرد بوته به‌ترتیب برابر ۱۷/۵۷ گرم، ۲۵۳/۴۱ گرم و ۱۷۸/۵۴ گرم و در تیمار با سطح شوری صفر مشاهده شد. در سال اول کشت با افزایش ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، وزن میوه به‌ترتیب ۱۱/۵۱ و ۲۳/۰۳ درصد کاهش یافت. در سال دوم کشت با افزایش ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، وزن میوه به‌ترتیب ۱۱/۲۷ و ۲۳/۶۲ درصد کاهش یافت.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر نوع آب آبیاری و سطوح مختلف شوری آب بر خصوصیات فیزیکی میوه توت‌فرنگی

Table 6- Comparison of the average effect of the irrigation water type and different levels of water salinity on the yield components of strawberry

سال کشت Year of cultivation	عوامل Factor		وزن میوه Fruit weight (gr)	زیست‌توده Biomass (gr)	عملکرد بوته Yield of each plant (gr)
۱۴۰۰ 2021	نوع آب آبیاری Type of irrigation water	مغناطیسی Magnetic	17.81 a	219.08 a	150.30 a
		غیرمغناطیسی Non-magnetic	13.07 b	174.53 b	114.32 b
	شوری آب Water salinity (mill molar)	صفر Zero	17.45 a	253.41 a	171.32 a
		۲۰ 20	15.44 ab	193.72 b	131.74 b
		۴۰ 40	13.43 b	143.28 c	93.88 c
۱۴۰۱ 2022	نوع آب آبیاری Type of irrigation water	مغناطیسی Magnetic	172.29 a	214.71 a	152.89 a
		غیرمغناطیسی Non-magnetic	13.76 b	166.89 b	122.05 b
	شوری آب Water salinity (mill molar)	صفر Zero	17.57 a	247.30 a	178.54 a
		۲۰ 20	15.59 ab	180.28 b	137.83 b
		۴۰ 40	13.42 b	144.82 c	96.05 c

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیست.

Averages with the same letters in each column are not significantly different based on the LSD test at the five percent probability level.

اختلاف وزن میوه بین دو سطح شوری صفر و ۲۰ میلی‌مولار معنی دار نشد ولی بین صفر و ۴۰ میلی‌مولار در سطح احتمال ۵ درصد معنی-دار بود (جدول ۶). مقدار زیست‌توده در سال اول کشت با افزایش ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، به‌ترتیب ۲۳/۵۵ و ۴۳/۴۶ درصد کاهش یافت. در سال دوم کشت با افزایش ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، مقدار زیست‌توده به‌ترتیب ۲۷/۱ و ۴۱/۴۴ درصد کاهش یافت و اختلاف بین تمامی سطوح شوری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۶).

مقدار عملکرد بوته در سال اول کشت با افزایش ۲۰ و ۴۰ میلی مولار کلریدسدیم، به‌ترتیب ۲۳/۱ و ۴۵/۲ درصد کاهش یافت. در سال دوم کشت با افزایش ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، مقدار عملکرد بوته به‌ترتیب ۲۲/۸ و ۴۶/۲ درصد کاهش یافت و این اختلاف بین تمامی سطوح شوری معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج عبدالطیف و چاوکسینگ (Abdwl Latif and Chaoxing, 2011) با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. افزایش شوری در محلول غذایی با اثر بر روی پتانسیل اسمزی آب باعث محدود شدن جذب آب توسط گیاه می‌شود. اعمال EC بالا در محلول غذایی با اثرگذاری در کاهش جذب آب که در نتیجه کاهش پتانسیل اسمزی محلول غذایی است، باعث کاهش عملکرد و افزایش کیفیت می‌شود. کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی در توت‌فرنگی رقم سیلوا تحت تنش شوری گزارش شده است. تغییر در تعداد، اندازه و باز و بسته شدن روزنه‌ها نیز یکی از آثار میکروسکوپی حاصل از وقوع تنش شوری در برگ گیاهان می‌باشد (Khayyat *et al.*, 2009).

دولتشاه و همکاران (Dolatshah *et al.*, 2015) اثر تنش شوری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی را بررسی کردند و نشان دادند که مقدار عملکرد، وزن تک میوه و تعداد میوه در تیمارهای ۷/۵ و ۱۵ میلی‌مولار کلریدسدیم نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. میزان کاهش عملکرد میوه، وزن تر تک میوه و تعداد میوه در تیمار شاهد نسبت به تیمار ۲۵ میلی‌مولار نمک طعام به‌ترتیب ۴۸/۹، ۲۵/۲ و ۳۲ درصد بود. آن‌ها بیان کردند که کاهش عملکرد توت‌فرنگی بیش از آن‌که ناشی از کاهش طول میوه باشد مربوط به کاهش قطر میوه، وزن میوه و تعداد میوه در بوته می‌باشد. مظلومی و همکاران (Mazloomi *et al.*, 2011) بررسی کردند که با افزایش شوری آب، مقدار عملکرد به مقدار بیشتری کاهش یافت. آن‌ها نشان دادند که بیشترین کاهش عملکرد با کاربرد شوری، در وزن خشک اندام هوایی و کمترین کاهش در وزن خشک ریشه مشاهده شد. عثمان‌پور و همکاران (Osmanpour *et al.*, 2021) نشان داد که شاخص‌های رشدی، عملکرد و برخی ویژگی‌های میوه توت‌فرنگی در اثر تنش شوری کاهش می‌یابد. آن‌ها نشان دادند که تعداد روزنه‌های باز روی سطح برگ در شرایط تنش شوری کمتر از شرایط بدون تنش بود. بیشترین وزن خشک زیست توده در تیمار با سطح شوری صفر مشاهده شد. همچنین تیمار شوری، سبب کاهش معنی‌دار عملکرد میوه توت‌فرنگی در مقایسه با شرایط بدون تنش شد.

احمد و وانی (Ahmad and Wani, 2013) گزارش کردند که تحت شرایط تنش شوری، کاهش رشد اندام‌های هوایی به‌دلیل افزایش فعالیت هورمون آبسیسک اسید یا کاهش تولید و انتقال سیتوکینین از ریشه به ساقه است که میزان ماده خشک کل گیاه را در اثر کاربرد آن کاهش می‌دهد. کلریدسدیم موجود در محیط کشت، رشد رویشی و زایشی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و موجب کاهش وزن خشک آن‌ها می‌شود (Kaya *et al.*, 2001). سعید و همکاران (Saied *et al.*, 2005) بیان کردند که با ایجاد تنش شوری، به‌دلیل کاهش سطح برگ، محتوای هیدرات کربن برگ کاهش یافته و در نتیجه فتوسنتز نیز محدود می‌شود که می‌تواند عاملی برای کاهش عملکرد در گیاه شود.

نتیجه‌گیری

در بخش کشاورزی، محصولات حساس به شوری مانند توت‌فرنگی نیازمند مدیریت دقیق می‌باشد. بنابراین استفاده از فن‌آوری آب مغناطیسی در مقابله با تنش شوری می‌تواند به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های این مشکل بررسی شود. در این پژوهش، اثر آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه توت‌فرنگی تحت شرایط شوری آب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که استفاده از فن‌آوری آب مغناطیسی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد توت‌فرنگی نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین شوری آب آبیاری نیز بر عملکرد و اجزای عملکرد توت‌فرنگی اثر معنی‌دار داشت و بیشترین عملکرد در تیمار بدون تنش شوری با استفاده از آب مغناطیسی حاصل شد. با استفاده از آب مغناطیسی می‌توان به عملکرد بیشتری دست یافت و اثرات ناشی از تنش شوری را تا حدی کاهش داد. بیشترین اثر منفی شوری بر تعداد میوه در هر بوته و کمترین اثر آن بر قطر میوه بود.

منابع

1. Abdwl Latif, A.A., & Chaoxing, H. (2011). Effect of *Arbuscular mycorrhizal* fungi on growth, mineral nutrition, antioxidant enzymes activity and yield of tomato grown under salinity stress. *Scientia Hort*iculturae, *127*, 228-233. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.020
2. Ahmad, P., & Wani, M.R. (Eds.). (2013). *Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment.* Springer Science and Business Media, Vol. 2. Springer New York Heidelberg Dordrecht London. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8591-9
3. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Mohammadnia Afrozi, Sh., Abbas Taleghani, R., Yari, Sh., & Kalantari, M. (2021). *Agricultural statistics for the year 2019-2020.* Publications of the Technology and Information and Communication Center of the Ministry of Jihad Agriculture, Volume 3: 164 pp. (In Persian with English abstract)
4. Algozari, H., & Yao, A. (2006). *Effect of the magnetizing of water and fertilizers on some chemical parameters of*

soil and growth of maize. M.Sc. Thesis. University of Baghdad, Baghdad, Iraq.

5. Berkelaar, E., & Beverley, H. (2000). The relationship between morphology and cadmium accumulation in seedling of two durum wheat cultivars. *Canadian Journal of Botany*, *78*, 381–387. https://doi.org/abs/10.1139/b00-015
6. Biryukov, A.S., Gavrikov, V.F., Nikiforov, L.O., & Shcheglov, V.A. (2005). New physical methods of disinfection of water. *Journal of Russian Laser Research 26*(1): 1913-1925. https://doi.org/10.1007/s10946-005-0002-8
7. Rashid, B., Husnain, T., & Riazuddin, S. (2014). Genomic approaches and abiotic stress tolerance in plants. In *Emerging technologies and management of crop stress tolerance* (pp. 1-37). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800876-8.00001-1
8. Celik, O., Atak, C., & Rzakulieva, A. (2008). Stimulation of rapid regeneration by a magnetic field in paulownia node cultures. *Journal of Central European Agriculture*, *9*(2), 297-303. https://doi.org/10.5513/jcea.v9i2.670
9. Demkura, P.V., Abdala, G., Baldwin, I.T., & Ballare, C.L. (2010). Jasmonate dependent and independent pathways mediate specific effects of solar ultraviolet B radiation on leaf phenolics and antiherbivore defense. *Plant Physiology*, *152*, 1084–1095. https://doi.org/10.1104/pp.109.148999
10. Dolatshah, M., Rezaei Nejad, A., & Gholami, M. (2015). The effect of salinity stress on fruit yield and some physical and biochemical characteristics of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. “Camarosa”. *Journal of Plant Production Technology 6*(2): 127-138. (In Persian with English abstract)
11. Dube, T., Shekede, M.D., & Massari, C. (2023). Remote sensing for water resources and environmental management. *Remote Sensing*, *15*(1), 18. https://doi.org/10.3390/rs15010018
12. Emadi, A.R., Nourani Azad, H., & Borzoo, A. (2009). Response of some physiological Traits to salinity stress in sugar beet (*Beta vulgaris* L.), *Journal of Plant and Ecology*, *5*(19), 17-25. (In Persian with English abstract)
13. Garriga, M., Munoz, C.A., Caligari, P.D., & Retamales, J.B. (2015). Effect of salt stress on genotypes of commercial (*Fragaria x ananassa*) and Chilean strawberry (*F. chiloensis*). *Scientia Horticulturae*, *195*, 37–47. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.036
14. Gulen, H.E., Turhan, E., & Eris, A. (2006). Changes in peroxidase activities and soluble proteins in strawberry varieties under salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, *28*(2), 109-116. https://doi.org/10.1007/s11738-006-0037-7
15. Habiby, H., Movahedi, A., Khoshravesh, M., & Saberi, A. (2019). The effect of magnetic water on the yield of corn and the adsorption of potassium, zinc and iron. *Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization (Scientific Journal of Agriculture)*, *42*(2), 131-142. (In Persian with English abstract). https://doi.org/ 10.22055/agen.2019.27239.1454
16. Hassanuzzaman, M., Nahar, K., & Fujita, M. (2013). *Plant responses to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt stress damages*. In: Ahmad P et al., (eds) Ecophysiology and responses of plants under salt stress. Springer. Science, pp 25-87. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4747-4_2
17. Heidarpour, M., Khoshravesh, M., & Moshaveri, Y. (2016). Effect of magnetized saline water on soil and water amendment in trickle irrigation. *Journal of Water and Soil Conservation*, *23*(2), 179-193. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22069/jwfst.2016.3062
18. Hohjo, M., Ganda, M., Maruo, T., Shinohara, Y., & Ito, T. (2001). Effect of NaCl application on growth, yield and fruit quality in NFT-tomato plants. *Acta Horticulturae*, *548*, 469-475. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.548.55
19. Hozayn, M., Ahmed, A.A., El-Saady, A.A., & Abd-Elmonem, A.A. (2019). Enhancement in germination, seedling attributes and yields of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under salinity stress using static magnetic field treatments. *Eurasian Journal of Biosciences*, *13*(1), 369-378.
20. Idrees, M., Naeem, M., Khan, M.N., Aftab, T., & Khan, M.M.A. (2012). Alleviation of salt stress in lemongrass by salicylic acid. *Protoplasma*, *249*, 709-720. https://doi.org/10.1007/s00709-011-0314-1
21. Jouyban, Z. (2012). The effects of salt stress on plant growth. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences 2*(1): 7-10.
22. Kanayama, Y., & Kochetov, A. (2015). *Abiotic Stress Biology in Horticultural Plants*. Springer, Tokyo. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55251-2
23. Karlidag, H., Yildirim, E., & Turan, M. (2011). Role of 24-epibrassinolide in mitigating the adverse effects of salt stress on stomatal conductance, membrane permeability, and leaf water content, ionic composition in salt stressed strawberry (*Fragaria×ananassa*). *Scientia Horticulture*, *130*, 133-140. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.06.025
24. Kaya, C., Higgs, D., & Kirnak, H. (2001). The effect of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition developmentary of spinach. Bulgar. *Journal of Plant Physiology*, *27*, 47–59.
25. Keutgen, A., & Pawelzik, E. (2008a). Contribution of amino acids to strawberry fruit quality and their relevance as stress indicators under NaCl salinity. *Food Chemistry*, *111*, 642-647. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.032
26. Keutgen, A., & Pawelzik, E. (2008b). Impact of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. *Environmental and Experimental Botany*, *95*, 325-332. https://doi.org/10.1016/

j.envexpbot.2008.08.002
27. Khayyat, M., Tafazoli, E., Eshghi, M., Rahemi, M., & Rajaee, S. (2007). Salinity supplementary calcium and potassium effects on fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 2*(5): 539-544.
28. Khayyat, M., Vazifeshenas, M. R., Rajaee, S., & Jamalian, S. (2009). Potassium effect on ion leakage, water usage, fruit yield and biomass production by strawberry plants grown under NaCl stress. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, *17*(1), 79–88.
29. Khoshravesh, M., & Kiani, A.R. (2015). The effect of magnetized saline water on infiltration and electrical conductivity in different soil textures. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *9*(4), 646-654. (In Persian with English abstract)
30. Khoshravesh, M., Erfanian, F., & Pourgholam-Amiji, M. (2021). The effect of irrigation with treated magnetic effluent on yield and yield components of maize. *Water Management in Agriculture*, *8*(1), 115-128. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.24764531.2021.8.1.10.8
31. Khoshravesh, M., Mirzaei, S.M.J., Shirazi, P., & Norooz Valashedi, R. (2018). Evaluation of dripper clogging using magnetic water in drip irrigation. *Applied Water Science*, *8*(3), 1177-1191. https://doi.org/10.1007/s13201-018-0725-7
32. Li, H., Lascano, R.J., Booker, J., Wilson, L.T., Bronson, K.F., & Segarra, E. (2002). State-space description of field heterogeneity: Water and nitrogen use in cotton. S*oil Science Society of America Journal*, *66*(2), 585-595. http://doi.org/10.2136/sssaj2002.5850
33. Loulaei, A., Samavat, S., & Habibi, Sh. (2013). Investigating the interaction effect of salinity and calcium chloride on quality traits and yield of Gamrosa strawberry. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*, *8*(29), 38-46. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.76712423.1392.8.29.4.2
34. Maas, E.V., & Hoffman, G.J. (1977). Crop salt tolerance—current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, *103*(2), 115-134. https://doi.org/10.1061/JRCEA4.0001137
35. Mahmoudi, G., Ghanbari, A., Rastgoo, M., Gholi Zade, M., & Tahmasebi, I. (2016). Evaluating the magnetic field effects on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum*) under Mashhad climatic conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *14*(2), 380-391. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.20081472.1395.14.2.14.3
36. Mazloomi, F., Ronaghi, A., & Karimian, N. (2011). Influence of salinity and supplementary calcium on vegetative growth, fruit yield and concentration of some nutrients in hydroponically-grown strawberry. *Journal of Soil and Plant Interactions*, *2*(2), 51-63. (In Persian with English abstract)
37. Mirfattahi, Z., & Eshghi, S. (2023). Acetic acid alleviates salinity damage and improves fruit yield in strawberry by mediating hormones and antioxidant activity. *Erwerbs-Obstbau* 1-10. https://doi.org/10.1007/s10341-023-00840-9
38. Mostafazadeh-Fard, B., Khoshravesh, M., Mousavi, S.F., & Kiani, A.R. (2011). *Effects of magnetized water on soil sulphate ions in trickle irrigation*. 2nd International Conference on Environmental Engineering and Application (ICEEA 2011). 19-21 August, Shanghai, China.
39. Mostafazadeh-Fard, B., Khoshravesh, M., Mousavi, S.F., & Kiani, A.R. (2012). Effects of magnetized water on soil chemical components underneath trickle irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *138*(12), 1075-1081. https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000513
40. Muhammad Aslam, M., Waseem, M., Jakada, B.H., Okal, E.J., Lei, Z., Saqib, H.S.A., & Zhang, Q. (2022). Mechanisms of abscisic acid-mediated drought stress responses in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(3), 1084. https://doi.org/10.3390/ijms23031084
41. Neocleous, D., & Vasilakakis, M. (2007). Effect of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idoeus* L. Autumn Bliss). *Scientia Horticulture*, *112*, 282-289. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.025
42. Nikbakht, J., & Talei, A. (2019). Effect of magnetized water on hydraulic properties of tape irrigation system and yield and water use efficiency in maize. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, *8*(4), 21-36. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.22517480.1398.8.4.2.9
43. Nikbakht, J., Khandehrouyan, M., Tavakoli, A., & Tahheri, M. (2014). The effect of magnetic water deficit on yield and water use efficiency of corn. *Journal of Water Research in Agriculture*, *24*(4), 551-563.
44. Osmanpour, S., Mozafari, A., & Ghaderi, N. (2021). Effect of silica nanoparticles and jasmonic acid on some physiological characteristics of strawberry under salinity stress. *Journal of Soil and Plant Interactions*, *11*(4), 51-64. (In Persian with English abstract). http://dx.doi.org/10.47176/jspi.11.4.19721
45. Pourgholam-Amiji, M., Khoshravesh, M., Divband Hafshejani, L., & Ghadami Firouzabadi, A. (2022). The effect of irrigation with treated magnetic effluent on water productivity of maize. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *16*(1), 243-253. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.20087942.1401.16.1.19.6
46. Ramesh, A., & Ostad-Ali-Askari, K. (2023). Effects of magnetized municipal effluent on some physical properties of soil in furrow irrigation. *Applied Water Science 13*(1): 26. https://doi.org/10.1007/s13201-022-01811-3
47. Rastegari, S., & Sadeghi-Lari, A. (2015). Effect of magnetized water on seed germination and early growth

characteristics of tomato. *Journal of Water Research in Agriculture*, *29*(3), 409-417. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.22287140.1394.29.3.10.2

48. Saied, A.S., Keutgen, A.J., & Noga, G. (2005). The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs.'Elsanta'and 'Korona'. *Scientia Horticulturae*, *103*(3), 289-303. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.06.015
49. Seyedlor Fatemi, L., Tabatabaei, J., & Fallahi, E. (2009). The effect of silicon on the growth and yield of strawberry grown under saline conditions. *Journal of Horticultural Science*, *23*(1), 88-95. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.20084730.1388.23.1.10.6
50. Shokrani, F., Pirzad, A., Zardashti, M., & Darvishi, R. (2011). *The effect of irrigation interruption and different amounts of nitroxin on yield and yield components of marigolds*. National conference on climate change and its impact on agriculture and environment, Urmia, West Azerbaijan. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.5897/AJB11.2952
51. Singh, S.K., Sharma, H.C., Goswami, A.M., Datta, S.P., & Singh, S.P. (2000). In vitro growth and leaf composition of grapevine cultivars as affected by sodium chloride. *Biologia Plantarum*, *43*(2), 283-286. https://doi.org/10.1023/A:1002720714781
52. Turhan, E., & Eris, A. (2005). Effects of sodium chloride applications and different growth media on ionic composition in strawberry plant. *Journal of Plant Nutrition*, *27*(9), 1653-1665. https://doi.org/10.1081/PLN-200026009
53. Wang, Y., & Nil, N. (2000). Changes in chlorophyll, ribulose bisphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *75*, 623–627. https://doi.org/10.1080/14620316.2000.11511297
54. Yadollahi, A.H., Khoshravesh, M., & Gholami Sefidkouhi, M.A. (2022). Effect of regulated deficit irrigation with magnetized water on quantitative, qualitative properties and water productivity of green pea. *Journal of Water Research in Agriculture*, *35*(4), 373-389. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/jwra.2021.356340.897
55. Yoon, J.Y., Homayun, M., Lee, S., & Lee, I. (2009). Methyl jasmonate alleviated salinity stress in soybean. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, *12*(2), 63-68. https://doi.org/10.1007/s12892-009-0060-5
56. Yusefi, M., Tabatabaei, S., Hajilu, J., & Mahna, N. (2011). The effect of partial root salinization on the yield and fruit quality in strawberry. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *21*(1), 135-144. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.24764310.1390.21.1.11.9
57. Zahedi, S.M., Hosseini, M.S., Abadía, J., & Marjani, M. (2020). Melatonin foliar sprays elicit salinity stress tolerance and enhance fruit yield and quality in strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.). *Plant Physiology and Biochemistry*, *149*, 313-323. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.02.021
58. Zandi, M., Aboutalebi Jahromi, A., Behroznam, B., & Zakerin, A. (2022). Effectiveness of acid gibberellic and magnetic field on shelf life and post-harvest life of strawberry cv. Selva under temperature stress conditions. *Journal of Horticultural Science* (In Publishing) (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2022.74406.1121